

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-141428**

(43)Date of publication of application : **25.05.2001**

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
H01L 21/66

(21)Application number : **11-327261**

(71)Applicant : **SONY CORP**

(22)Date of filing : **17.11.1999**

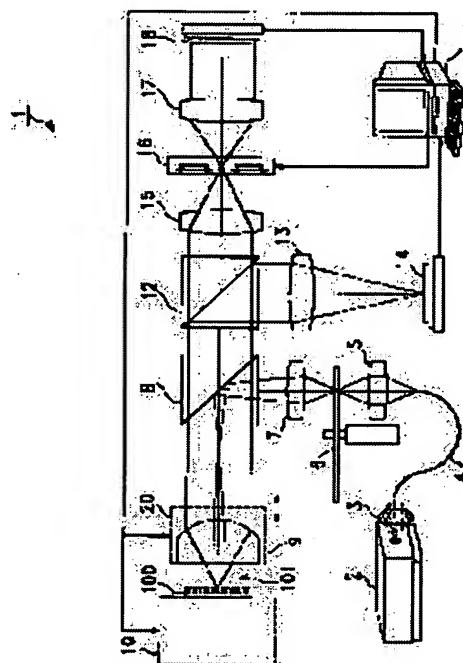
(72)Inventor : **SUGANUMA HIROSHI**

(54) INSPECTING DEVICE AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inspect microstructure patterns such as circuit patterns formed in semiconductor wafers speedily and appropriately.

SOLUTION: An ultraviolet laser beam from an ultraviolet solid-state laser 2 is shone on the L/S pattern 101 of a semiconductor wafer 100, which is an object to be inspected, and the reflected light is subjected to Fourier transform by a Fourier-transform lens 17. Then the Fourier-transform image of the L/S pattern 101 is picked up by a COD image pickup element 18. The state of the L/S pattern 101 is inspected on the basis of the Fourier-transform image of the picked-up L/S pattern 101.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-141428
(P2001-141428A)

(43) 公開日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 B 11/24

H 0 1 L 21/66

J 2 F 0 6 5

H 0 1 L 21/66

G 0 1 B 11/24

D 4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-327261

(22) 出願日 平成11年11月17日 (1999. 11. 17)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅沼 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

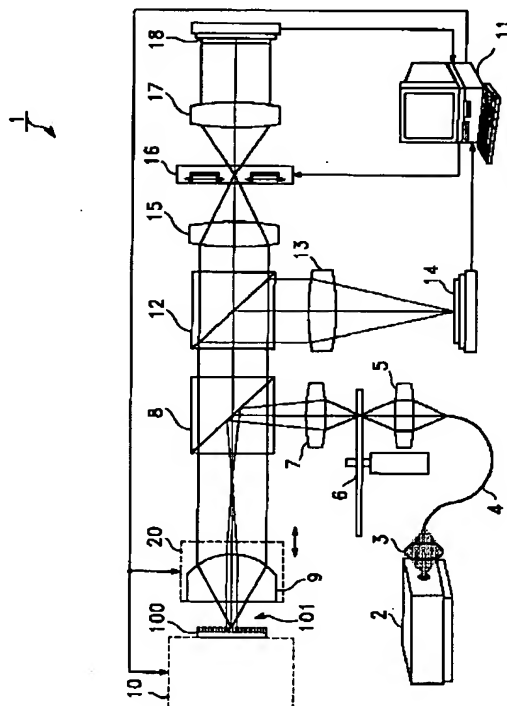
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査装置及び検査方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体ウェハに形成された回路パターン等のような微細構造のパターンを迅速且つ適切に検査する。

【解決手段】 紫外線固体レーザー2からの紫外レーザー光で、被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101を照明し、その反射光をフーリエ変換レンズ17によりフーリエ変換する。そして、L/Sパターン101のフーリエ変換像をCCD撮像素子18により撮像し、撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像をもとにして、L/Sパターン101の状態を検査する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の周期の凹凸パターンを有する被検査物に対して照明光を照射して上記被検査物を照明する照明手段と、

上記照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換するフーリエ変換手段と、

上記フーリエ変換手段によりフーリエ変換された被検査物の反射光又は透過光を検出して上記被検査物のフーリエ変換像を撮像する撮像手段とを備え、

上記撮像手段により撮像された上記被検査物のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする検査装置。

【請求項 2】 上記凹凸パターンの回折効率の変化に起因する上記被検査物のフーリエ変換像の光量変化から、上記被検査物の凹凸パターンの変動を検査することを特徴とする請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 3】 上記凹凸パターンの回折効率の変化に起因する上記被検査物のフーリエ変換像の光量変化から、上記被検査物の凹凸パターンの凹部或いは凸部の幅の変動を検査することを特徴とする請求項 2 記載の検査装置。

【請求項 4】 上記照明手段は、上記被検査物に対する照明光の入射角度を可変にする入射角可変手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 5】 上記照明手段は、上記被検査物に対して照明光として紫外レーザ光を照射することを特徴とする請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 6】 上記被検査物に照射される紫外レーザ光の光路中に、スペックルノイズを打ち消すためのスペックル平均化手段を備えることを特徴とする請求項 5 記載の検査装置。

【請求項 7】 上記被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離する偏光分離手段を備え、

上記撮像手段が上記偏光分離手段により偏光分離された各偏光成分を各々個別に検出して上記被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像することを特徴とする請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 8】 被検査物に対して照明光として紫外レーザ光を照射して上記被検査物を照明する照明手段と、上記照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換するフーリエ変換手段と、上記フーリエ変換手段によりフーリエ変換された被検査物の反射光又は透過光を検出して上記被検査物のフーリエ変換像を撮像する撮像手段とを備え、上記撮像手段により撮像された上記被検査物のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする検査装置。

【請求項 9】 上記照明手段は、上記被検査物に対する紫外レーザ光の入射角を可変にする入射角可変手段を備えることを特徴とする請求項 8 記載の検査装置。

【請求項 10】 上記被検査物に照射される紫外レーザ光の光路中に、スペックルノイズを打ち消すためのスペックル平均化手段を備えることを特徴とする請求項 8 記載の検査装置。

【請求項 11】 上記被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離する偏光分離手段を備え、

上記撮像手段が上記偏光分離手段により偏光分離された各偏光成分を各々個別に検出して上記被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像することを特徴とする請求項 8 記載の検査装置。

【請求項 12】 所定の周期の凹凸パターンを有する被検査物を照明光により照明し、

上記照明光により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換し、

フーリエ変換された上記被検査物の反射光又は透過光を検出して上記被検査物のフーリエ変換像を撮像し、

撮像された上記被検査物のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする検査方法。

【請求項 13】 上記凹凸パターンの回折効率の変化に起因する上記被検査物のフーリエ変換像の光量変化から、上記被検査物の凹凸パターンの変動を検査することを特徴とする請求項 12 記載の検査方法。

【請求項 14】 上記凹凸パターンの回折効率の変化に起因する上記被検査物のフーリエ変換像の光量変化から、上記被検査物の凹凸パターンの凹部或いは凸部の幅の変動を検査することを特徴とする請求項 13 記載の検査方法。

【請求項 15】 上記照明光の上記被検査物への入射角を上記被検査物に応じて最適な値に設定しながら上記被検査物を照明することを特徴とする請求項 12 記載の検査方法。

【請求項 16】 上記照明光の上記被検査物への入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された上記被検査物のフーリエ変換像をそれぞれ撮像し、

撮像された上記被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする請求項 12 記載の検査方法。

【請求項 17】 上記被検査物を紫外レーザ光により照明することを特徴とする請求項 12 記載の検査方法。

【請求項 18】 被検査物を紫外レーザ光により照明し、

上記紫外レーザ光により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換し、

フーリエ変換された上記被検査物の反射光又は透過光を検出して上記被検査物のフーリエ変換像を撮像し、

撮像された上記被検査物のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする検査方法。

【請求項 19】 上記紫外レーザ光の上記被検査物への入射角を上記被検査物に応じて最適な値に設定しながら上記被検査物を照明することを特徴とする請求項 18 記載の検査方法。

載の検査方法。

【請求項20】 上記紫外レーザ光の上記被検査物への入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された上記被検査物のフーリエ変換像をそれぞれ撮像し、撮像された上記被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに上記被検査物の状態を検査することを特徴とする請求項18記載の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路等の微細パターンを有するデバイスの検査に用いられる検査装置及び微細パターンを有するデバイスを検査する検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電気産業分野におけるデジタル化が進む中で、半導体集積回路の集積度の向上が盛んに行われている。そして、このように高度に集積された半導体集積回路を如何に効率良く低コストで提供できるかが、今後のデジタル電気産業の発展を左右する重要な課題となっている。

【0003】半導体集積回路を低コストで効率良く生産するためには、製造プロセス中に発生する問題を迅速に且つ正確に検出することが重要である。このため、微細なパターンを精度良く検査できる検査装置に対する需要が高まっている。

【0004】また、半導体集積回路以外でも、例えばハードディスクドライブに用いられる磁気ヘッド等、微細加工が要求されるデバイスを低コストで効率良く生産するためには、このような検査装置が非常に重要である。

【0005】高い解像度を有する検査装置としては、走査電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）や原子間力顕微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）等を用いたものが知られている。しかしながら、これら走査電子顕微鏡や原子間力顕微鏡は、検査に真空を必要とするので取り扱いが不便であると共に、デバイス全体を検査するのに時間がかかるという問題がある。

【0006】これに対して、光学顕微鏡を用いる検査装置では、非破壊で真空を必要とせず、非接触で検査ができるという利点がある。近年、非線形光学結晶を用いてYAGレーザ等の波長変換により紫外光を射出する固体レーザが開発されており、この固体レーザを照明光源として用い、高NAの対物レンズを用いて照明光学系を構成すれば、光学顕微鏡においても、走査電子顕微鏡等に肉薄する解像度が得られることから、大きな期待が寄せられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、被検査物となる半導体集積回路等のパターンは近年益々微細化してきており、微細構造の寸法が照明光の波長と同程度にまで達するようになってきている。

【0008】このような微細構造に照明光を照射すると、照明光に回折が生じることになる。そして、この回折が生じた光を像面にて観察すると、その回折の度合い、すなわち、微細構造の照明光に対する回折効率に応じて所定のパターンの強度分布が得られる。

【0009】被検査物となる微細構造の回折効率は、微細構造のパターンの変動に応じて変わってくる。具体的には、例えば、その微細構造が所定の周期で凹部と凸部が並ぶ凹凸パターンである場合、凸部の幅の変動や凹部の深さの変動等に応じて微細構造の回折効率が変わる。そして、微細構造の回折効率に変化が生じると、像面にて観察されるパターンの強度分布に変化が生じる。したがって、この像面にて観察されるパターンの強度分布の変化から、微細構造のパターンの変動を検出することが可能である。

【0010】このように、回折が生じた光の像面にて観察されるパターンの強度分布の変化から微細構造のパターンの変動を検出するようにすれば、光学顕微鏡の分解能を超えた非常に微細なパターン変動も検出することができるので、検査装置として非常に有用である。

【0011】しかしながら、このような微細構造に対して照明光として部分コヒーレントな光を照射した場合、像面にて観察されるパターンと微細構造のパターンとの関係は線形ではない。部分コヒーレンスを考えても、通常は、スカラー結像理論として扱えるのは、微細構造の寸法が照明光の波長の3倍から5倍程度の物体までである。なぜなら、これ以上微細な構造の物体に対してはキルヒホッフの境界条件が成り立たないため、一般には、マクスウェル方程式を境界条件に対して解かなければならないからである。

【0012】特に、上記微細構造の回折効率が所定の値を超えると、微細構造の像面にて観察されるパターンの強度分布には、微細構造のパターンの空間周波数の2倍の周波数成分が現れてくるようになる。したがって、この微細構造の像面にて観察されるパターンの強度分布から微細構造のパターンについての情報を得る場合、このような2倍の周波数成分についての判別を行う必要があり、このことが、微細構造のパターンを検査するための処理を複雑化し、検査の迅速性を阻害する要因となる。

【0013】本発明は、以上のような実情に鑑みて創案されたものであって、微細構造のパターンを迅速且つ適切に検査することができる検査装置及び検査方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る検査装置は、所定の周期の凹凸パターンを有する被検査物に対して照明光を照射して被検査物を照明する照明手段と、この照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換するフーリエ変換手段と、このフーリエ変換手段によりフーリエ変換された被検査物の反

射光又は透過光を検出して被検査物のフーリエ変換像を撮像する撮像手段とを備えている。そして、この検査装置では、撮像手段により撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査するようにしている。

【0015】具体的には、この検査装置では、例えば、被検査物の凹凸パターンの回折効率の変化に起因する被検査物のフーリエ変換像の光量変化から、被検査物の凹凸パターンの変動を検査するようにしている。

【0016】すなわち、照明手段から被検査物の凹凸パターンに照明光を照射すると、その反射光又は透過光に回折が生じる。このとき、凹凸パターンに、例えば、凹部或いは凸部の幅の変動といったようなパターン変動が生じていると、凹凸パターンの回折効率がそのパターン変動に応じて変化することになる。

【0017】そして、回折が生じた被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換手段によりフーリエ変換し、被検査物のフーリエ変換像を撮像手段により撮像すると、撮像されたフーリエ変換像に現れる各回折次光の光の光量が、凹凸パターンの回折効率に応じて変化することになる。

【0018】したがって、撮像されたフーリエ変換像に現れる各回折次光の光の光量変化を検出すれば、被検査物の凹凸パターンの変動、例えば、凹部或いは凸部の幅等の変動を検出することができる。

【0019】本発明に係る検査装置によれば、以上のように、撮像手段により撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態が検査されるので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。

【0020】なお、この検査装置では、照明手段が、被検査物に対する照明光の入射角度を可変にする入射角可変手段を備えることが望ましい。このように、照明手段が被検査物に対する照明光の入射角度を可変にする入射角可変手段を備える場合には、例えば、照明光の被検査物に対する入射角を被検査物に応じた最適な入射角に設定して、被検査物の検査を効果的に行うことが可能となり、また、照明光の入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査することが可能となり、被検査物の検査をより適切に行うことができる。

【0021】また、この検査装置では、照明手段が、被検査物に対して照明光として紫外レーザ光を照射することが望ましい。このように、照明手段が被検査物に対して照明光として非常に短波長の光である紫外レーザ光を照射するようにした場合には、照明光として可視光を照射する場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【0022】なお、照明手段が被検査物に対して照明光としてコヒーレントな光である紫外レーザ光を照射する場合には、スペckルノイズが生じるので、被検査物に

照射される紫外レーザ光の光路中に、スペckルノイズを打ち消すためのスペckル平均化手段を備えることが望ましい。

【0023】また、この検査装置は、被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離する偏光分離手段を備え、この偏光分離手段により偏光分離された各偏光成分を撮像手段が各々個別に検出して、被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像することが望ましい。このように、被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離手段により偏光分離し、偏光分離された各偏光成分を撮像手段により各々個別に検出して、被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像するようにした場合には、被検査物の偏光依存性を利用して多面的に検査を行うことが可能となり、被検査物の検査をより適切に行うことができる。

【0024】また、本発明に係る他の検査装置は、被検査物に対して照明光として紫外レーザ光を照射して被検査物を照明する照明手段と、この照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換するフーリエ変換手段と、このフーリエ変換手段によりフーリエ変換された被検査物の反射光又は透過光を検出して被検査物のフーリエ変換像を撮像する撮像手段とを備えている。そして、この検査装置では、撮像手段により撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査するようにしている。

【0025】この検査装置によれば、撮像手段により撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態が検査されるので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。また、この検査装置では、照明手段が照明光として紫外レーザ光を照射して被検査物を照明するので、照明光として可視光を照射する場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【0026】なお、この検査装置では、照明手段が、被検査物に対して照明光としてコヒーレントな光である紫外レーザ光を照射するので、照明された被検査物の像にスペckルノイズが生じる。したがって、この検査装置では、被検査物に照射される紫外レーザ光の光路中に、スペckルノイズを打ち消すためのスペckル平均化手段を備えることが望ましい。

【0027】また、この検査装置では、照明手段が、被検査物に対する紫外レーザ光の入射角度を可変にする入射角可変手段を備えることが望ましい。このように、照明手段が被検査物に対する紫外レーザ光の入射角度を可変にする入射角可変手段を備える場合には、例えば、紫外レーザ光の被検査物に対する入射角を被検査物に応じた最適な入射角に設定して、被検査物の検査を効果的に行うことが可能となり、また、紫外レーザ光の入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査することが可能となり、被検査物の検査をより適切に行う

ことができる。

【0028】また、この検査装置は、被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離する偏光分離手段を備え、この偏光分離手段により偏光分離された各偏光成分を撮像手段が各々個別に検出して、被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像することが望ましい。このように、被検査物からの反射光又は透過光を偏光分離手段により偏光分離し、偏光分離された各偏光成分を撮像手段により各々個別に検出して、被検査物のフーリエ変換像を各々個別に撮像するようにした場合には、被検査物の偏光依存性を利用して多面的に検査を行うことが可能となり、被検査物の検査をより適切に行うことができる。

【0029】また、本発明に係る検査方法は、所定の周期の凹凸パターンを有する被検査物を照明光により照明し、照明光により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換し、フーリエ変換された被検査物の反射光又は透過光を検出して被検査物のフーリエ変換像を撮像し、撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査することを特徴としている。

【0030】この検査方法によれば、撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態が検査されるので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。

【0031】なお、この検査方法においては、照明光の被検査物への入射角を被検査物に応じて最適な値に設定しながら被検査物を照明することが望ましい。このように、照明光の被検査物への入射角を被検査物に応じて最適な値に設定しながら被検査物を照明することにより、被検査物の検査をより効果的に行うことができる。

【0032】また、この検査方法においては、照明光の被検査物への入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された被検査物のフーリエ変換像をそれぞれ撮像し、撮像された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査することが望ましい。このように、照明光の入射角を変えながら被検査物を照明し、撮像された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査するようにすれば、被検査物の検査をより適切に行うことができる。

【0033】また、この検査方法においては、被検査物を紫外レーザ光により照明することが望ましい。このように、非常に短波長の光である紫外レーザ光により被検査物を照射するようにした場合には、被検査物を可視光を照射する場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【0034】また、本発明に係る他の検査方法は、被検査物を紫外レーザ光により照明し、紫外レーザ光により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換し、フーリエ変換された被検査物の反射光又は透過光を検出して被検査物のフーリエ変換像を撮像し、撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状

態を検査することを特徴としている。

【0035】この検査方法によれば、撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態が検査されるので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。また、この検査方法によれば、非常に短波長の光である紫外レーザ光により被検査物を照明するようにしているので、被検査物を可視光を照射する場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【0036】なお、この検査方法においては、紫外レーザ光の被検査物への入射角を被検査物に応じて最適な値に設定しながら被検査物を照明することが望ましい。このように、紫外レーザ光の被検査物への入射角を被検査物に応じて最適な値に設定しながら被検査物を照明することにより、被検査物の検査をより効果的に行うことができる。

【0037】また、この検査方法においては、紫外レーザ光の被検査物への入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明された被検査物のフーリエ変換像をそれぞれ撮像し、撮像された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査することが望ましい。このように、紫外レーザ光の入射角を変えながら被検査物を照明し、撮像された被検査物の複数のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査するようにすれば、被検査物の検査をより適切に行うことができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。なお、ここでは、本発明に係る検査装置を用いて、半導体集積回路等の回路パターンが形成された半導体ウェハの検査を行う例について説明するが、本発明に係る検査装置は、この例に限定されるものではなく、微細なパターンの検査に対して広く適用可能であり、例えば、ハードディスクドライブに用いられる磁気ヘッドの検査や、微細なパターンが形成されたフラットパネルディスプレイの検査等にも有効である。

【0039】本発明に係る検査装置は、半導体ウェハに形成された回路パターンを照明光により照明し、その透過光又は反射光をフーリエ変換して、回路パターンのフーリエ変換像を観察することによって、半導体ウェハに形成された回路パターンの状態を検査するようにしている。すなわち、検査する回路パターンのフーリエ変換像には、半導体ウェハの透過率或いは反射率や回路パターンの位相等を空間周波数についてフーリエ変換した分布が現れる。本発明に係る検査装置では、このフーリエ変換像に現れる分布を検出し、これをもとに半導体ウェハに形成された回路パターンの状態を検査するようにしている。

【0040】半導体ウェハに形成された回路パターンは、縦方向或いは横方向に凹部と凸部とが所定の周期で

並ぶ凹凸パターン（L/Sパターン：Line and Space Pattern）よりなるものが多く、本発明に係る検査装置は、このようなL/Sパターンの状態を検査する検査装置として特に好適である。

【0041】本発明に係る検査装置により、半導体ウェハに形成されたL/Sパターンの状態を検査する原理について、図1を参照して説明する。

【0042】被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101に照明光を照射すると、L/Sパターン101が回折格子として働き、照明光に回折が生じる。そして、回折が生じた照明光の透過光又は反射光をフーリエ変換レンズ102を用いてフーリエ変換し、フーリエ像面に結像するL/Sパターン101のフーリエ変換像を観察すると、そのフーリエ変換像には、L/Sパターン101にて回折された照明光の各回折次光が特定の点に集中した分布が得られる。

【0043】ここで、L/Sパターン101のフーリエ変換像に現れる照明光の各回折次光の強度は、L/Sパターン101の回折効率に依存し、L/Sパターン101の回折効率に変化すると、そのフーリエ変換像に現れる照明光の各回折次光の強度が変化する。また、L/Sパターン101の回折効率は、L/Sパターン101の形状に依存し、L/Sパターン101の形状が変化すると、その回折効率も変化する。したがって、L/Sパターン101のフーリエ変換像に現れる照明光の各回折次光の強度を検出することによって、L/Sパターン101の形状変化についての情報を得ることができる。

【0044】本発明を適用した検査装置では、以上の原理を利用して、半導体ウェハ100に形成されたL/Sパターン101のフーリエ変換像を撮像し、例えば、撮像されたフーリエ変換像と、予め得られた正しいL/Sパターン101のフーリエ変換像とを比較することによって、不良のL/Sパターン101を判別することが可能である。

【0045】本発明を適用した検査装置の一構成例を図2に示す。この図2に示す検査装置1は、被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101に、照明光として紫外レーザ光を照射し、その反射光をフーリエ変換して、フーリエ面に結像されるL/Sパターン101のフーリエ変換像を撮像し、このフーリエ変換像をもとに、L/Sパターン101の検査を行うように構成されている。

【0046】この検査装置1は、被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101を照明する照明光の光源として、紫外線固体レーザ2を用いている。この紫外線固体レーザ2は、YAGレーザ等の固体レーザを非線形光学結晶を用いて波長変換し、例えば、波長が266nm程度の紫外レーザ光を出射するようにしたものである。

【0047】検査装置の検査能力は、検査対象に照射す

る照明光の波長に依存し、照明光の波長が短波長である方がより微細な構造の検査が可能となる。本発明を適用した検査装置1は、照明光の光源として紫外線固体レーザ2が用いられ、短波長の紫外レーザ光で半導体ウェハ100のL/Sパターン101を照明するようになされているので、微細な構造のL/Sパターン101の検査を適切に行うことができる。特に、半導体ウェハ100に形成されるL/Sパターン101は近年益々微細化されてきており、凸部の幅（以下、線幅という。）が0.18 μ m程度にまでなっている。そして、このL/Sパターン101は、今後、更に微細化される傾向にある。本発明を適用した検査装置1では、短波長の紫外レーザ光を照明光として用いることにより、このように非常に微細化されたL/Sパターン101についても適切に検査が行えるようになされている。

【0048】また、照明光が短波長の光であれば、この照明光により照明された被検査物のフーリエ変換像を広い空間周波数帯域について観察することができるので、被検査物である半導体ウェハ100に形成されたL/Sパターン101のフーリエ変換像を観察する検査装置1では、短波長の紫外光レーザを照明光として用いることが非常に有効である。また、照明光の波長に対するL/Sパターン101の凹部の深さの比や、照明光の波長に対するL/Sパターン101の線幅変動の比が大きいほど、L/Sパターン101の回折効率の変化が、L/Sパターン101の形状変化に対して敏感になるため、L/Sパターン101の回折効率の変化に依存するフーリエ変換像の変化をもとにL/Sパターン101の形状変化を検査する検査装置1では、短波長の紫外レーザ光を照明光として用いることが非常に有効である。

【0049】さらに、紫外線固体レーザ2は、装置自体が小型であり、水冷が不要である等、取り扱い上でも優れており、検査装置1における照明光の光源として最適である。

【0050】なお、本発明に係る検査装置において、照明光の光源は、以上のような紫外線固体レーザ2に限定されるものではなく、例えば、InGaN系の青色半導体レーザ等を用いるようにしてもよい。

【0051】検査装置1において、紫外線固体レーザ2から出射された照明光（紫外レーザ光）は、集光レンズ3及び紫外光用ファイバ4により導かれ、レンズ5を介して回転拡散板6上に集光するようになされている。

【0052】検査装置1は、干渉性の良いレーザ光を照明光として用いているので、スペックルノイズが生じることになる。検査装置1では、このスペックルノイズを打ち消さないと、L/Sパターン101のフーリエ変換像を適切に観察することができない。そこで、この検査装置1においては、スペックルノイズを打ち消すためのスペックル平均化手段として、回転拡散板6を照明光の光路中に配設している。そして、照明光がこの回転拡散

板 6 を透過するようにすることで、スペックルノイズを打ち消すようにしている。

【0053】なお、本発明に係る検査装置において、スペックル平均化手段は、以上のような回転拡散板 6 に限定されるものではなく、例えば、ファイバのバンドル等を用いるようにしてもよい。

【0054】検査装置 1 において、回転拡散板 6 を透過した照明光は、コンデンサーレンズ 7 を介して第 1 のビームスプリッタ 8 に入射するようになされている。

【0055】第 1 のビームスプリッタ 8 は、被検査物である半導体ウェハ 100 の L/S パターン 101 に照射する照明光の光路と、L/S パターン 101 にて反射された反射光の光路とを分離するためのものである。そして、この検査装置 1 においては、第 1 のビームスプリッタ 8 により反射された照明光が、対物レンズ 9 を介して、半導体ウェハ 100 の L/S パターン 101 に照射されるようになされている。

【0056】半導体ウェハ 100 は、検査用ステージ 10 上に載置されている。検査用ステージ 10 は、半導体ウェハ 100 を支持すると共に、この半導体ウェハ 100 を水平方向や垂直方向に移動させ、所定の検査位置に位置決めする機能を有している。この検査用ステージ 10 は、検査装置 1 の各機構の動作を制御する制御用コンピュータ 11 に接続されており、この制御用コンピュータ 11 から供給される制御信号に基づいて、当該検査用ステージ 10 上に載置された半導体ウェハ 100 を移動させ、所定の検査位置に位置決めする。この検査装置 1 では、以上のように、検査用ステージ 10 によって所定の検査位置に位置決めされた半導体ウェハ 100 の L/S パターン 101 に、紫外線固体レーザ 2 からの紫外光レーザが照明光として照射されるようになされている。

【0057】ここで、照明光が照射される L/S パターン 101 は、上述したように、凹部と凸部とが所定の周期で並ぶ凹凸パターンであるので、L/S パターン 101 に照射された照明光は、この L/S パターン 101 によって回折されることになる。

【0058】半導体ウェハ 100 に照射された照明光は、この半導体ウェハ 100 により反射され、その反射光が、対物レンズ 9 を介して、第 1 のビームスプリッタ 8 に再び入射する。そして、第 1 のビームスプリッタ 8 を透過した反射光が、第 2 のビームスプリッタ 12 に入射する。なお、対物レンズ 9 としては、例えば、開口数が 0.9 程度の高開口数のレンズが用いられる。そして、対物レンズ 9 は、アクチュエータ 20 によって、検査用ステージ 10 上に載置された半導体ウェハ 100 に近接離間する方向に移動可能に保持されており、制御用コンピュータ 11 からの制御信号に基づいて、アクチュエータ 20 が対物レンズ 9 を半導体ウェハ 100 に近接離間する方向に移動操作することによって、対物レンズ 9 の自動焦点制御が行われるようになされている。

【0059】第 2 のビームスプリッタ 12 は、半導体ウェハ 100 にて反射された反射光の光路を 2 つに分離するためのものである。そして、この検査装置 1 においては、第 2 のビームスプリッタ 12 に入射した反射光のうち、第 2 のビームスプリッタ 12 により反射された光を、第 1 の結像レンズ 13 を介して、第 1 の CCD (charge-coupled device) 撮像素子 14 上に結像させるようになされている。したがって、この検査装置 1 では、第 1 の CCD 撮像素子 14 によって、L/S パターン 101 の照明光が照射された部分全体の像が撮像されることになる。この第 1 の CCD 撮像素子 14 によって撮像された L/S パターン 101 の像は、L/S パターン 101 の回折効率に応じた強度分布をもつ画像である。

【0060】この検査装置 1 において、第 1 の CCD 撮像素子 14 は、制御用コンピュータ 11 に接続されており、この第 1 の CCD 撮像素子 14 により撮像された L/S パターン 101 の像を制御用コンピュータ 11 に取り込むことができるようになされている。検査装置 1 では、この第 1 の CCD 撮像素子 14 により撮像された L/S パターン 101 の像を制御用コンピュータ 11 によって処理して各種の情報を取得し、例えば、被検査物である半導体ウェハ 100 が所定の検査位置からずれているときは、検査用ステージ 10 を駆動して半導体ウェハ 100 を所定の検査位置に移動させ、また、対物レンズ 9 の焦点位置がずれているときは、対物レンズ 9 を移動させて焦点を合わせるといったような、適切な検査を行うために必要とされる各機構の制御を行うようにしている。

【0061】また、この検査装置 1 においては、第 2 のビームスプリッタ 12 に入射した反射光のうち、第 2 のビームスプリッタ 12 を透過した光を、第 2 の結像レンズ 15、可変アパーチャ 16、フーリエ変換レンズ 17 を介して、第 2 の CCD 撮像素子 18 上に結像させるようになされている。

【0062】可変アパーチャ 16 は、照明光により照明された L/S パターン 101 のうち、観察したい部分からの反射光のみを抽出するためのものである。すなわち、この可変アパーチャ 16 は、照明光により照明された L/S パターン 101 のうち、観察したい部分からの反射光のみを透過して、それ以外の部分を遮断するようになされている。なお、この可変アパーチャ 16 は、制御用コンピュータ 11 に接続されており、制御用コンピュータ 11 による制御により、反射光の透過させる部分を任意に変更することができるようになされている。なお、照明光により照明された L/S パターン 101 のうち、観察したい部分からの反射光のみを抽出する手段は、以上のような可変アパーチャ 16 に限定されるものではなく、例えば、パターン毎に予めマスクを用意しておき、このマスクを切り替えて用いるようにしてもよい。また、L/S パターン 101 の照明光が照射された

部分の全体を観察したい場合には、このような手段を設けなくてもよい。

【0063】フーリエ変換レンズ17は、可変アパーチャ16を透過した反射光をフーリエ変換するためのものである。この検査装置1では、L/Sパターン101に照射された照明光の反射光を、このフーリエ変換レンズ17によってフーリエ変換し、L/Sパターン101のフーリエ変換像を第2のCCD撮像素子18によって撮像するようにしている。

【0064】そして、この検査装置1において、第2のCCD撮像素子18は、制御用コンピュータ11に接続されており、この第2のCCD撮像素子18により撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像を制御用コンピュータ11に取り込むことができるようになされている。検査装置1では、この第2のCCD撮像素子18により撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像を制御用コンピュータ11によって処理することにより、L/Sパターン101の検査を行うようにしている。具体的には、検査装置1は、例えば、第2のCCD撮像素子18により撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像と、予め得られた正しいL/Sパターン101のフーリエ変換像とを比較することによって、不良のL/Sパターン101を判別するようにしている。

【0065】L/Sパターン101のフーリエ変換像には、上述したように、L/Sパターン101にて回折された照明光の各回折次光が特定の点に集中した分布が得られる。そして、この各回折次光の強度が、L/Sパターン101の形状変化に応じて変化する回折効率に応じた強度となるので、この各回折次光の強度から、L/Sパターン101の形状変化を推定することができる。

【0066】ところで、L/Sパターン101の回折効率に変化をもたらす要因としては、L/Sパターン101の線幅の変動や凹部の深さの変動、L/Sパターン101の空間周波数の変動等の形状変化の他にも、半導体ウェハ100の材料の屈折率の変動等、様々な要因が考えられる。したがって、これら複数の要因が同時に変動する場合には、L/Sパターン101のフーリエ変換像から特定の要因の変動を一意的に検出することはできない。

【0067】しかしながら、半導体集積回路等の回路パターンの製造プロセスの中で、特定のプロセスでの不良を検査する上では、そのプロセスで不良となる要因はある程度限定されるので、検査装置1によってそのプロセスにおける特定の要因の変動を検出することが可能となる。例えば、あるプロセスにおいて、L/Sパターン101の線幅が変動する可能性があり、他の要因の変動を無視できるとすれば、検査装置1によって、L/Sパターン101のフーリエ変換像をもとに、L/Sパターン101の線幅の変動を検出することが可能となる。

【0068】具体的には、リソグラフィ工程において

は、デフォーカスや収差が発生して結像状態が劣化すると、その影響が、主にL/Sパターン101の線幅の変動として現れる。すなわち、結像状態の劣化によってぼけが生じることにより、L/Sパターン101の線幅が太くなる。このように、結像状態の劣化に起因してL/Sパターン101の線幅が太くなると、L/Sパターン101の回折効率が変化して、検査装置1の第2のCCD撮像素子18により撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像に現れる各回折次光の強度が変化することになる。したがって、この場合には、L/Sパターン101のフーリエ変換像に現れる各回折次光の強度変化をモニタリングすることで、L/Sパターン101の線幅の変動を検出することが可能となる。

【0069】本発明を適用した検査装置1においては、以上のように、被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101からの反射光をフーリエ変換レンズ17によりフーリエ変換し、L/Sパターン101のフーリエ変換像を第2のCCD撮像素子18によって撮像し、この第2のCCD撮像素子18によって撮像されたL/Sパターン101のフーリエ変換像をもとにして、L/Sパターン101の状態を検査するようにしているので、例えばL/Sパターン101の線幅の変動等、L/Sパターン101の状態の検査を迅速且つ適切に行うことができる。

【0070】詳述すると、これまでの検査装置では、L/Sパターン101の線幅の検査を行う場合、L/Sパターン101のフーリエ変換していない像、すなわち、本発明を適用した検査装置1の第1のCCD撮像素子14により撮像されるL/Sパターン101の像をもとに、パターンと直交する方向の断面について平均化処理を行って、L/Sパターン101の線幅の検査を行うようにしていた。しかしながら、この手法では、CCD撮像素子の各ピクセル毎の信号とノイズを同時に積分することになり、S/N比の観点からは問題があった。

【0071】これに対して、本発明を適用した検査装置1では、L/Sパターン101のフーリエ変換像を第2のCCD撮像素子18により撮像するので、必要な情報が第2のCCD撮像素子18の一部のピクセルに集中して現れることになり、信号のみが積分されたかたちで光から電気信号への変換が行われる。したがって、この検査装置1では、S/N比が高い信号を検出することができ、L/Sパターン101の状態の検査を極めて適切に行うことができる。

【0072】また、L/Sパターン101のフーリエ変換像には、上述したように、L/Sパターン101にて回折された照明光の各回折次光が特定の点に集中した分布が得られる。したがって、このL/Sパターン101のフーリエ変換像からL/Sパターン101の状態を検査する検査装置1では、複雑な検査物体の像を理想的な物体の像と比較するのに比べて、画像処理のアルゴリズム

ムを簡略化することができるので、検査の精度向上や処理の迅速化を図ることが可能となる。

【0073】また、L/Sパターン101のフーリエ変換像には、L/Sパターン101にて回折された照明光の各回折次光が特定の点に集中した分布が得られるので、このL/Sパターン101のフーリエ変換像からL/Sパターン101の状態を検査する検査装置1では、照明光としての紫外レーザ光の光量を少なくしても適切に検査を行うことが可能である。したがって、この検査装置1では、例えば、紫外レーザ光による露光によって破壊が懸念されるエッチング前のレジスト等に対しても、破壊を生じさせることなく適切に検査を行うことが可能である。

【0074】なお、以上説明した検査装置1では、照明光である紫外レーザ光を半導体ウェハ100のL/Sパターン101に対して垂直に照射するようにしているが、照明光の入射角を、検査するL/Sパターン101に応じた最適な値に設定すると、L/Sパターン101の形状変化等に対する回折効率の変化が最も敏感となり、L/Sパターン101の形状変化等をより適切に検査することが可能となる。ここで、照明光の最適な入射角は、検査するL/Sパターン101に応じてそれぞれ異なった値となる。したがって、検査装置1としては、照明光の入射角を可変にする手段を備え、検査するL/Sパターン101に応じて照明光の入射角を変えながら、L/Sパターン101に応じて最適な入射角に設定して検査を行うようになされていることが望ましい。

【0075】また、検査装置1が照明光の入射角を可変にする手段を備えていれば、L/Sパターン101に対する照明光の入射角を変えながら、それぞれの入射角で照明されたL/Sパターン101のフーリエ変換像を第2のCCD撮像素子18でそれぞれ撮像し、得られた複数のフーリエ変換像をもとにL/Sパターン101の状態を検査することによって、検査結果を補正しながら、より適切にL/Sパターン101の状態を検査することも可能となる。

【0076】照明光の入射角を任意に変更する方法の一例を図3及び図4を参照して説明する。光源110から出射された光をグレーティング111により回折し、コンデンサレンズ112及び対物レンズ113を介して、被検査物である半導体ウェハ100のL/Sパターン101に照射する照明光学系を考える。このとき、例えば、グレーティング111により回折された+1次光或いは-1次光をフィルタリングしてL/Sパターン101に照射させるようにすれば、L/Sパターン101に対して照明光を斜めに入射させる、いわゆる斜入射照明が可能である。

【0077】そして、グレーティング111を図中矢印Zで示す光軸方向に沿って、例えば図3に示す第1の位置p1から図4に示す第2の位置p2へと移動させる

と、光源110の虚像110a、110bが光源110から離間する方向に移動することになり、照明光として用いられる+1次光或いは-1次光の検査対象134への入射角が大きくなる。

【0078】このように、以上の照明光学系においては、グレーティング111を光軸方向へと移動操作することにより、L/Sパターン101に対する照明光の入射角を任意に変更することが可能である。

【0079】検査装置1は、以上の原理を利用して、図5に示すように、紫外線固体レーザ2から出射される紫外レーザ光の光軸上にグレーティング111を配設すると共に、このグレーティング111を紫外レーザ光の光軸方向（図5中Z方向）に移動操作する移動手段114を備えることにより、照明光である紫外レーザ光のL/Sパターン101に対する入射角を可変にすることが可能となり、例えば、紫外レーザ光のL/Sパターン101に対する入射角をL/Sパターン101に応じた最適な値に設定して検査を行い、または、異なる入射角でL/Sパターン101を照明して複数回検査を行い、得られた検査結果を補正することによって、L/Sパターン101の状態をより適切に検査することが可能となる。

【0080】なお、以上は、移動手段114によってグレーティング111を紫外レーザ光の光軸方向に移動させることによって、L/Sパターン101に対する紫外レーザ光の入射角を可変にするようにした例について説明したが、L/Sパターン101に対する紫外レーザ光の入射角を可変にする手法は、以上の例に限定されるものではなく、例えば、格子定数の異なる複数のグレーティングを用意しておき、これら複数のグレーティングを切り替えながら、そのうちの任意の1つを紫外レーザ光の光軸上に選択的に配置させるようにしてもよい。

【0081】また、L/Sパターン101の検査をより適切に行うには、検査装置1は、図6に示すように、L/Sパターン101からの反射光の光路中に偏光ビームスプリッタ19を配設し、この偏光ビームスプリッタ19によって偏光分離された各偏光成分のフーリエ変換像を各々個別に撮像して、得られた複数のフーリエ変換像をもとにL/Sパターン101の検査を行うことが有効である。

【0082】この図6に示す検査装置1では、偏光ビームスプリッタ19により偏光分離された各偏光成分を、結像レンズ15a、15b及び可変アパーチャ16a、16bを介してフーリエ変換レンズ17a、17bにそれぞれ入射させるようにしている。そして、フーリエ変換レンズ17a、17bによってフーリエ変換された各フーリエ変換像を、CCD撮像素子18a、18bでそれぞれ個別に撮像するようにしている。

【0083】以上のように、L/Sパターン101からの反射光を偏光分離して、各偏光成分のフーリエ変換像を撮像し、これをもとにL/Sパターン101の検査を

おこなうようにすれば、検査装置 1 は、L/S パターン 101 の偏光依存性を利用して多面的に検査を行い、L/S パターン 101 の検査をより適切に行うことが可能となる。

【0084】なお、以上は、L/S パターン 101 からの反射光を偏光ビームスプリッタ 19 を用いて偏光分離するようにした例について説明したが、L/S パターン 101 からの反射光を偏光分離する手段は、以上の例に限定されるものではなく、例えば、ウォラストンプリズム等を用いて L/S パターン 101 からの反射光を偏光分離するようにしてもよい。

【0085】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明に係る検査装置によれば、照明光により照明された被検査物からの反射光又は透過光がフーリエ変換手段によりフーリエ変換され、被検査物のフーリエ変換像が撮像手段により撮像され、これをもとに被検査物の状態が検査されるので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。

【0086】また、本発明に係る検査装置は、照明光として非常に短波長の光である紫外レーザ光を照射して被検査物を照明することにより、照明光として可視光を用いる場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【0087】また、本発明に係る検査方法は、照明光により照明された被検査物からの反射光又は透過光をフーリエ変換し、被検査物のフーリエ変換像を撮像して、撮像された被検査物のフーリエ変換像をもとに被検査物の状態を検査するようにしているので、被検査物の検査を迅速且つ適切に行うことができる。

【0088】また、本発明に係る検査方法では、非常に短波長の光である紫外レーザ光を照明光として用い、この紫外レーザ光により被検査物を照明するようにすれば、被検査物を可視光を照射する場合に比べて、より微細なパターンを有する被検査物の検査を適切に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る検査装置により、半導体ウェハに形成された L/S パターンの状態を検査する原理を説明するための図である。

【図 2】本発明に係る検査装置の一構成例を示す模式図である。

【図 3】照明光の入射角を任意に変更する方法の一例を示す図であり、グレーティングが第 1 の位置にある状態を示す図である。

【図 4】照明光の入射角を任意に変更する方法の一例を示す図であり、グレーティングが第 2 の位置にある状態を示す図である。

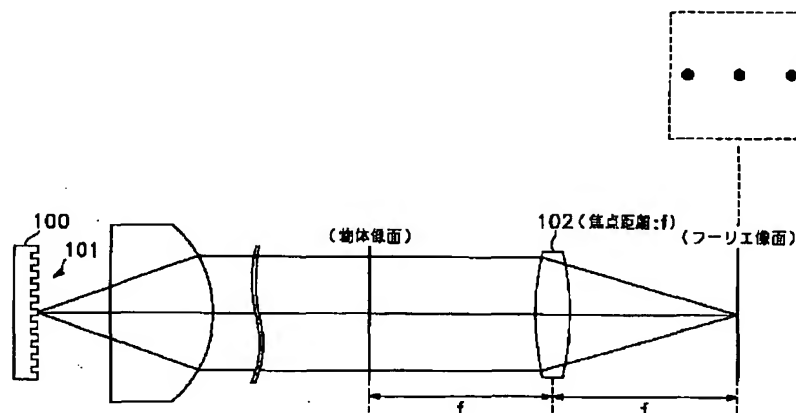
【図 5】本発明に係る検査装置の他の構成例を示す模式図である。

【図 6】本発明に係る検査装置の更に他の構成例を示す模式図である。

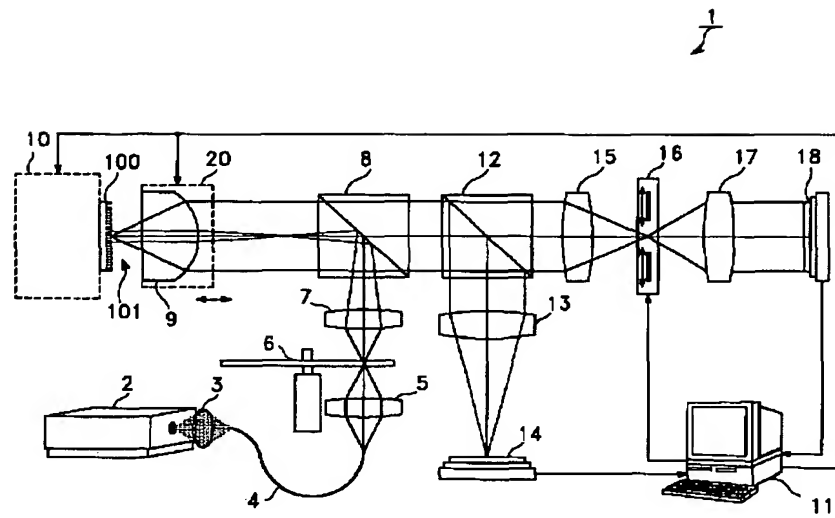
【符号の説明】

1 検査装置、2 紫外線固体レーザ、6 回転拡散板、9 対物レンズ、10 検査用ステージ、11 制御用コンピュータ、14 第 1 の CCD 撮像素子、17 フーリエ変換レンズ、18 第 2 の CCD 撮像素子、19 偏光ビームスプリッタ、100 半導体ウェハ、101 L/S パターン、111 グレーティング、113 移動手段

【図 1】



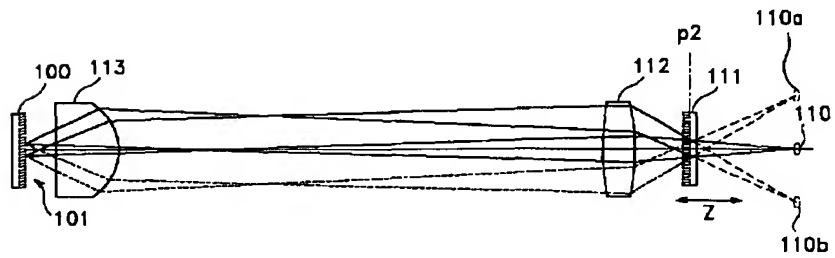
【図 2】



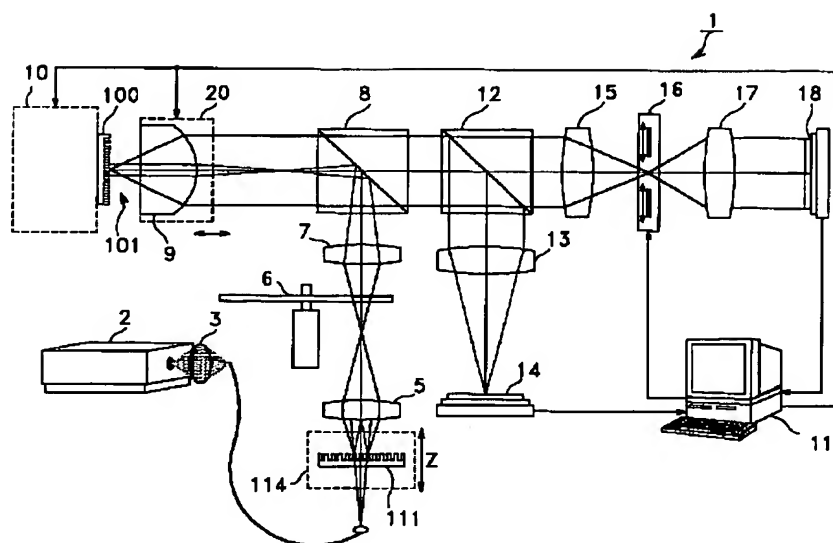
【図 3】



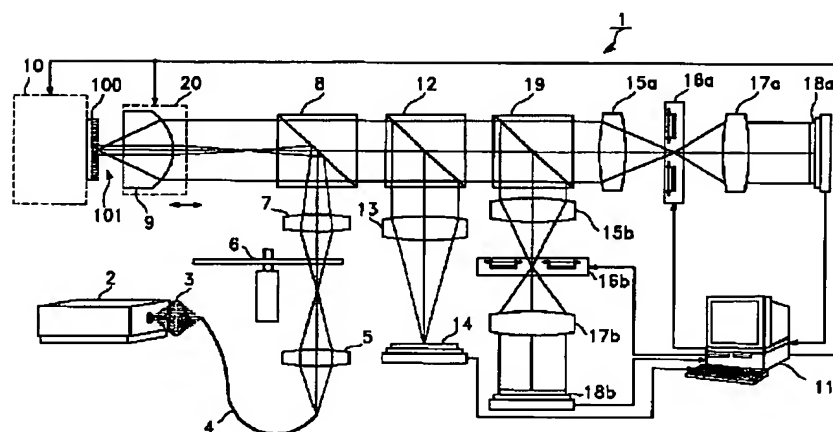
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA49 BB02 BB18 CC19 CC25
 DD04 DD06 EE00 FF42 FF48
 FF49 GG04 GG22 HH12 HH13
 HH15 HH18 JJ03 JJ05 JJ09
 JJ26 LL04 LL10 LL30 LL37
 LL42 LL46 LL49 NN06 NN20
 PP12 QQ23 QQ25 QQ28 RR09
 TT02
 4M106 AA01 BA05 DB02 DB04 DB08
 DB12 DB13 DB14 DB30 DJ04
 DJ05